

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(11)特許出願公開番号

特開2000-306594

(P2000-306594A)

(43)公開日 平成12年11月2日(2000.11.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

テーマコート(参考)

H O 1 M 8/06

H01M 8/06

G 4 G 0 4 0

C O 1 B 3/38

C O 1 B 3/38

5 H 0 2 7

H0 1M 8/04

H01M 8/04

T

A

審査請求 未請求 請求項の数20 O.L (全 9 頁)

(21)出願番号

特願平11-112438

(22) 出題日

平成11年4月20日(1999. 4. 20)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市卜ヨ夕町1番地

(72) 發明者 青山 智

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

Fターム(参考) 4G040 EA03 EA06 EB03 EB43 EB44

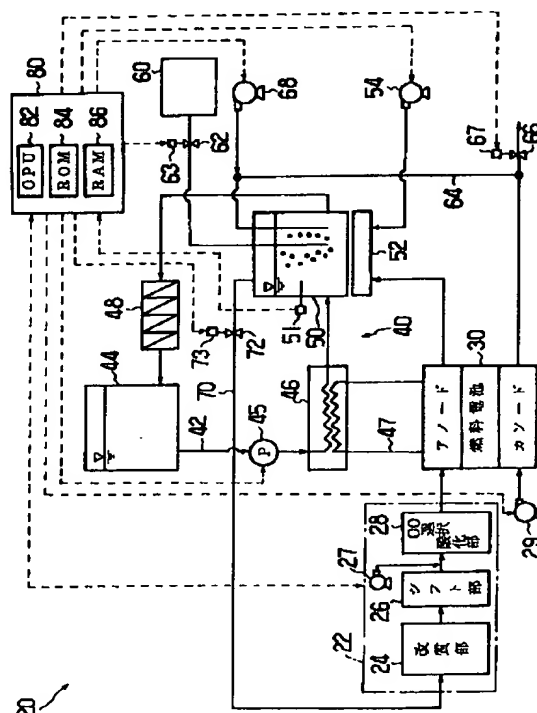
5H027 AA06 BA01 BA08 KK41 MM01

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 炭化水素系の燃料と酸素と水蒸気とを含む原料ガスに含まれる水蒸気の割合を多くして炭化水素系の燃料に見合う量の水蒸気を改質器に供給する。

【解決手段】 カソードからの排ガスおよび空気の混合ガスとメタンタンク60からのメタンを加湿器50の温水に接触させて加湿して改質器22に供給する。アノードからの排ガスを燃焼器52で燃焼して加湿器50の温水を加熱すると共に加湿器50の圧力を調圧弁72により調節する。原料ガス中の飽和水蒸気圧は温度や圧力により定まり、飽和水蒸気圧の原料ガス中の水蒸気のメタンに対する比率は原料ガス中のメタンの分圧により定まる。したがって、原料ガスにカソードの排ガスを含ませてメタンの分圧を調節すると共に加湿器50の温度と圧力の調節により飽和水蒸気圧を調節して原料ガス中の水蒸気のメタンに対する比率を調節する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 炭化水素系の燃料と水蒸気と酸素とを含む原料ガスの供給を受けて水素を含有する燃料ガスを生成する改質器と、酸素を含有する酸化ガスと前記燃料ガスとの供給を受けて発電する燃料電池とを有する燃料電池システムであって、

前記燃料電池が発電に伴って生じる熱を用いて水を加温する水加温手段と、

該加温された水に前記原料ガスを構成する少なくとも一部の気体を接触させて加温することにより該原料ガスに水蒸気を供給する水蒸気供給手段と、

該水蒸気供給手段の水を加熱可能な加熱手段とを備える燃料電池システム。

【請求項 2】 前記気体は、前記炭化水素系の燃料を含むガスである請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 3】 前記気体は、酸素を含有する酸素含有ガスを含むガスである請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 4】 前記気体は、前記炭化水素系の燃料と酸素を含有する酸化ガスとを含むガスである請求項 1 記載の燃料電池システム。

【請求項 5】 前記酸素含有ガスは、空気を含むガスである請求項 3 または 4 記載の燃料電池システム。

【請求項 6】 前記酸素含有ガスは、前記燃料電池から排出される前記酸化ガスの排ガスを含むガスである請求項 3 または 4 記載の燃料電池システム。

【請求項 7】 請求項 3 または 4 記載の燃料電池システムであって、

前記酸素含有ガスは、前記燃料電池から排出される前記酸化ガスの排ガスと空気とを含むガスであり、

前記酸素含有ガス中に含まれる前記酸化ガスの排ガスと空気との割合を調節する割合調節手段を備える燃料電池システム。

【請求項 8】 前記加熱手段は、前記燃料電池から排出される前記燃料ガスの排ガスを少なくとも燃料の一部として燃焼することにより前記水蒸気供給手段の水を加熱する手段である請求項 1 ないし 7 いずれか記載の燃料電池システム。

【請求項 9】 請求項 1 ないし 8 いずれか記載の燃料電池システムであって、

前記水蒸気供給手段の水の温度を検出する温度検出手段と、

該検出された温度に基づいて前記加熱手段による加熱を制御する加熱制御手段とを備える燃料電池システム。

【請求項 10】 請求項 8 に係る請求項 9 記載の燃料電池システムであって、

前記加熱手段に空気を供給可能な空気供給手段を備え、前記加熱制御手段は、前記温度検出手段により検出された温度に基づいて前記加熱手段に供給される空気量を調節するよう前記空気供給手段を制御する手段である燃料電池システム。

【請求項 11】 炭化水素系の燃料と水蒸気と酸素とを含む原料ガスの供給を受けて水素を含有する燃料ガスを生成する改質器と、酸素を含有する酸化ガスと前記燃料ガスとの供給を受けて発電する燃料電池とを有する燃料電池システムであって、

前記燃料電池が発電に伴って生じる熱を用いて水を加温する水加温手段と、

前記改質器における反応に寄与しない非反応気体を空気における窒素の酸素に対する比率より高い比率で含有する非反応気体含有ガスを含む気体を前記水加温手段により加温された水に接触させて加温することにより該気体に水蒸気を供給する水蒸気供給手段と、

前記非反応気体含有ガスを含む気体と前記燃料とを混和して前記原料ガスとする混和手段とを備える燃料電池システム。

【請求項 12】 前記水蒸気供給手段は、前記混和手段を兼ねる手段である請求項 11 記載の燃料電池システム。

【請求項 13】 前記非反応気体含有ガスは、前記燃料電池から排出される前記酸化ガスの排ガスである請求項 11 または 12 記載の燃料電池システム。

【請求項 14】 前記非反応気体含有ガスは、前記燃料電池から排出される前記酸化ガスの排ガスと空気との混合ガスである請求項 11 または 12 記載の燃料電池システム。

【請求項 15】 前記混合ガスにおける前記酸化ガスの排ガスと空気との混合比を調節する混合比調節手段を備える請求項 14 記載の燃料電池システム。

【請求項 16】 前記水蒸気供給手段の水を加熱する水加熱手段を備える請求項 11 ないし 15 いずれか記載の燃料電池システム。

【請求項 17】 前記水蒸気供給手段の水と接触する前記気体の圧力を調節する圧調節手段を備える請求項 11 ないし 16 いずれか記載の燃料電池システム。

【請求項 18】 前記水蒸気供給手段は、前記燃料電池を冷却する冷却系の一部を構成する手段である請求項 1 ないし 17 いずれか記載の燃料電池システム。

【請求項 19】 前記冷却系は、前記水蒸気供給手段の前段で前記燃料電池と熱交換をする手段である請求項 18 記載の燃料電池システム。

【請求項 20】 前記冷却系は、前記水蒸気供給手段の後段で水を冷却する冷却手段を備える請求項 18 または 19 記載の燃料電池システム。

## 【発明の詳細な説明】

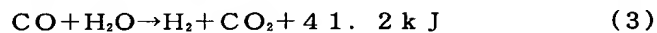
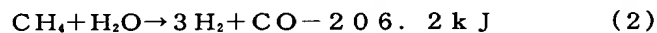
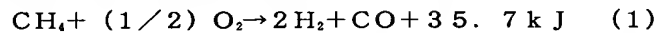
## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、燃料電池システムに関し、詳しくは、炭化水素系の燃料と水蒸気と酸素とを含む原料ガスの供給を受けて水素を含有する燃料ガスを生成する改質器と、酸素を含有する酸化ガスと前記燃料ガスとの供給を受けて発電する燃料電池とを有する燃

料電池システムに関する。

#### 【0002】

【従来の技術】従来、この種の燃料電池システムとしては、加温された水との接触により加湿した空気と炭化水素系の燃料とを含む原料ガスを改質器に供給するものが提案されている（例えば、特開平10-330101号公報など）。このシステムでは、炭化水素系の燃料と水蒸気と空気との混合ガスを改質器に供給して、炭化水素系の燃料の空気中の酸素による部分酸化反応と炭化水素系の燃料の水蒸気改質反応とを行なわせて水素リッチガス



#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、こうした従来の燃料電池システムでは、改質器に供給されるガスに十分な水蒸気を含ませることができないという問題があった。燃料電池の冷却に用いられた温水は、例えば固体高分子型燃料電池の場合、燃料電池の動作温度が80℃程度であるため、加湿される空気は80℃における飽和水蒸気圧までしか加湿することができない。この80℃における飽和水蒸気圧では、炭化水素系の燃料としてメタンを想定した場合、水蒸気のメタンに対するモル比（水蒸気のモル数／メタンのモル数）は1.5程度となる。前述の式（2）および式（3）から解るように、水蒸気は1モルのメタンに対して2モルが必要であり、メタンの転化率（反応率）を高めるためには、水蒸気は1モルのメタンに対して2モル以上必要となるが、80℃では1.5程度となりメタンの転化率を低下させてしまう。また、こうした水蒸気不足は、改質器の内部でカーボンを析出させたり、改質器での反応温度を高温化したり、得られる水素リッチガス中の一酸化炭素の濃度を高めたりする問題をも生じさせる。

【0005】本発明の燃料電池システムは、改質器に供給される原料ガスに含まれる水蒸気の混合比を高くすることを目的の一つとする。また、本発明の燃料電池システムは、炭化水素系の燃料に見合う水蒸気を改質器に供給することを目的の一つとする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】本発明の燃料電池システムは、上述の目的の少なくとも一部を達成するために以下の手段を採った。

【0007】本発明の第1の燃料電池システムは、炭化水素系の燃料と水蒸気と酸素とを含む原料ガスの供給を受けて水素を含有する燃料ガスを生成する改質器と、酸素を含有する酸化ガスと前記燃料ガスとの供給を受けて発電する燃料電池とを有する燃料電池システムであつ

\* 触させて加湿することにより供給されるようになっている。燃料電池の冷却に用いた温水を用いるのは、空気に含まれる水蒸気分圧を高めてより多くの水蒸気を混合ガスに供給するためである。また、この公報には、空気と炭化水素系の燃料との混合気体を燃料電池の冷却に用いた温水に接触させて加湿するものも記載されている。なお、炭化水素系の燃料としてメタンを用いた場合におけるメタンの部分酸化反応は次式（1）の反応となり、メタンの水蒸気改質反応は次式（2）の反応となる。なお、式（1）および式（2）により生成された一酸化炭素は更に水蒸気と次式（3）に示すシフト反応により水素を生じる。

#### 【0003】

て、前記燃料電池が発電に伴って生じる熱を用いて水を加温する水加温手段と、該加温された水に前記原料ガスを構成する少なくとも一部の気体を接触させて加湿することにより該原料ガスに水蒸気を供給する水蒸気供給手段と、該水蒸気供給手段の水を加熱可能な加熱手段とを備えることを要旨とする。

【0008】この本発明の第1の燃料電池システムでは、加熱手段が水蒸気供給手段の水を加熱するから、水と接触して加湿される気体の水蒸気分圧を高くすることができる。この結果、原料ガスに含まれる水蒸気の混合比を高くすることができる。

【0009】本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記気体は前記炭化水素系の燃料を含むガスであるものとすることもできる。

【0010】また、本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記気体は酸素を含有する酸素含有ガスを含むガスであるものとすることもできるし、前記気体は前記炭化水素系の燃料と酸素を含有する酸化ガスとを含むガスであるものとすることもできる。この態様の本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記酸素含有ガスは空気を含むガスであるものとすることもできる。同様の態様の本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記酸素含有ガスは前記燃料電池から排出される前記酸化ガスの排ガスを含むガスであるものとすることもできる。酸化ガスの排ガスは酸素に対する窒素の割合が高いため、加湿される気体のボリュームを多くすることにより多くの水蒸気を原料ガスに含ませることができる。すなわち、排ガスは改質器における反応に寄与しないが水蒸気を運ぶ気体として機能する窒素を多く含むため、原料ガスに排ガスを含ませることにより酸素と炭化水素系の燃料との比を変えることなく原料ガスのボリュームを多くして原料ガスに含まれる水蒸気を多くすることができるのである。

【0011】また、酸素含有ガスを含む気体を加湿する

態様の本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記酸素含有ガスは前記燃料電池から排出される前記酸化ガスの排ガスと空気とを含むガスであり、前記酸素含有ガス中に含まれる前記酸化ガスの排ガスと空気との割合を調節する割合調節手段を備えるものとすることもできる。こうすれば、酸素含有ガス中の酸素と窒素との割合を調節することができる。この結果、原料ガスに含まれる水蒸気の割合も調節することができる。

【0012】これら各態様を含め本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記加熱手段は、前記燃料電池から排出される前記燃料ガスの排ガスを少なくとも燃料の一部として燃焼することにより前記水蒸気供給手段の水を加熱する手段であるものとすることもできる。こうすれば、燃料ガスの利用効率を向上させることができる。

【0013】また、本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記水蒸気供給手段の水の温度を検出する温度検出手段と、該検出された温度に基づいて前記加熱手段による加熱を制御する加熱制御手段とを備えるものとすることもできる。こうすれば、水蒸気供給手段の水の温度に制御することにより加湿される気体に含まれる水蒸気の量を制御することができる。

【0014】加熱手段に燃料ガスの排ガスを供給すると共に加熱制御手段を備える態様の本発明の第1の燃料電池システムにおいて、前記加熱手段に空気を供給可能な空気供給手段を備え、前記加熱制御手段は前記温度検出手段により検出された温度に基づいて前記加熱手段に供給される空気量を調節するよう前記空気供給手段を制御する手段であるものとすることもできる。こうすれば、加熱手段に供給される空気量を調節することにより燃焼ガスの温度を調節することができる。この結果、水蒸気供給手段の水の温度を調節することができ、加湿される気体に含まれる水蒸気の量を調節することができる。

【0015】本発明の第2の燃料電池システムは、炭化水素系の燃料と水蒸気と酸素とを含む原料ガスの供給を受けて水素を含有する燃料ガスを生成する改質器と、酸素を含有する酸化ガスと前記燃料ガスとの供給を受けて発電する燃料電池とを有する燃料電池システムであって、前記燃料電池が発電に伴って生じる熱を用いて水を加温する水加温手段と、前記改質器における反応に寄与しない非反応気体を空気における窒素の酸素に対する比率より高い比率で含有する非反応気体含有ガスを含む気体を前記水加温手段により加温された水に接触させて加湿することにより該気体に水蒸気を供給する水蒸気供給手段と、前記非反応気体含有ガスを含む気体と前記燃料とを混和して前記原料ガスとする混和手段とを備えることを要旨とする。

【0016】この本発明の第2の燃料電池システムでは、改質器における反応に寄与しない非反応気体を空気における窒素の酸素に対する比率より高い比率で含有する非反応気体含有ガスを含む気体を加湿し、この気体と

炭化水素系の燃料とを混和して原料ガスとする。本発明の第2の燃料電池システムによれば、原料ガスにおける非反応気体の比率を高くすることにより、炭化水素系の燃料に対する水蒸気の比率を高くすることができる。

【0017】こうした本発明の第2の燃料電池システムにおいて、前記水蒸気供給手段は、前記混和手段を兼ねる手段であるものとすることもできる。こうすれば、炭化水素系の燃料も水蒸気を運ぶキャリアとして機能するから、原料ガス中の水蒸気の比率をより高くすることができる。

【0018】また、本発明の第2の燃料電池システムにおいて、前記非反応気体含有ガスは、前記燃料電池から排出される前記酸化ガスの排ガスであるものとすることもできる。酸化ガスの排ガスは、燃料電池で酸素が消費されているから、改質器における反応に寄与しない非反応気体としての窒素の比率が高くなっている。こうすれば、非反応気体含有ガスを貯蔵する必要がない。

【0019】あるいは、本発明の第2の燃料電池システムにおいて、前記非反応気体含有ガスは、前記燃料電池から排出される前記酸化ガスの排ガスと空気との混合ガスであるものとすることもできる。この態様の本発明の第2の燃料電池システムにおいて、前記混合ガスにおける前記酸化ガスの排ガスと空気との混合比を調節する混合比調節手段を備えるものとすることもできる。こうすれば、原料ガス中の酸素と窒素の比を調節することができ、この結果、原料ガス中の水蒸気の比率を調節することができる。

【0020】また、本発明の第2の燃料電池システムにおいて、前記水蒸気供給手段の水を加熱する水加熱手段を備えるものとすることもできる。こうすれば、加湿される気体の飽和水蒸気圧を高くすることができ、結果として原料ガス中の水蒸気の比率を高くすることができる。

【0021】これら各態様を含め本発明の第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記水蒸気供給手段の水と接触する前記気体の圧力を調節する圧調節手段を備えるものとすることもできる。こうすれば、加湿される気体の圧力を調節することにより水蒸気量を調節することができる。

【0022】また、本発明の第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記水蒸気供給手段は、前記燃料電池を冷却する冷却系の一部を構成する手段であるものとすることもできる。こうすれば、水系を複数持つ必要がなく、システムをコンパクトにすることができる。この態様の本発明の第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記冷却系は、前記水蒸気供給手段の前段で前記燃料電池と熱交換をする手段であるものとすることもできる。また、同様の態様の本発明の第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記冷却系は、前記水蒸気供給手段の後段で水を冷却する冷却手段を備えるものと

することもできる。

### 【0023】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を実施例を用いて説明する。図1は、本発明の一実施例である燃料電池システム20の構成の概略を示す構成図である。図示するように、実施例の燃料電池システム20は、炭化水素系の燃料としてのメタンを水蒸気改質により水素リッチな燃料ガスに改質する改質器22と、燃料ガスと酸素を含有する酸化ガスとしての空気との供給を受けて発電する燃料電池30と、燃料電池30を冷却する冷却系統40と、この冷却系統40に組み込まれ改質器22に供給するメタンや酸素を含むガスを加湿する加湿器50と、燃料電池システム20全体をコントロールする電子制御ユニット80とを備える。

【0024】改質器22は、メタンと酸素と水蒸気とを含む原料ガスに対して主として前述した式(1)の部分酸化反応と式(2)の水蒸気改質反応を行なう改質部24と、主として改質部24により生成された一酸化炭素を式(3)のシフト反応により水素と二酸化炭素にするシフト部26と、こうして得られた燃料ガスに含まれる一酸化炭素を選択的に酸化するCO選択酸化部28とを備える。なお、改質器22は、CO選択酸化部28における一酸化炭素の選択酸化のために、燃料ガスに空気を導入するブロワ27も備えている。

【0025】燃料電池30は、単電池31を複数積層して構成される固体高分子型燃料電池である。図2に燃料電池30を構成する単電池31の概略構成を示す。図示するように、単電池31は、フッ素系樹脂などの高分子材料により形成されたプロトン導電性の膜体である電解質膜32と、白金または白金と他の金属からなる合金の触媒が練り込められたカーボンクロスにより形成され触媒が練り込められた面で電解質膜32を挟持してサンドイッチ構造を構成するガス拡散電極としてのアノード33およびカソード34と、このサンドイッチ構造を両側から挟みつつアノード33およびカソード34とで燃料ガスや酸化ガスの流路36、37を形成すると共に隣接する単電池31との間の隔壁をなす2つのセパレータ35とにより構成されている。

【0026】冷却系統40は、冷却水の循環管路42を備えており、この循環管路42には、冷却水の不足分を補給する水タンク44、循環管路42に冷却水を循環させる循環ポンプ45、燃料電池30と熱交換するための熱交換器46、前述の加湿器50、冷却水を外気により冷却するラジエータ48がこの順に接続されている。熱交換器46には、燃料電池30をその一部として循環管路を形成する循環管路47の一部が導入されており、循環管路42を循環する冷却水と循環管路47を循環する冷却媒体(例えば、水)とが熱交換するようになっている。したがって、循環管路42を循環する冷却水は、このラジエータ48で燃料電池30の運転温度である約8

0℃程度まで加温されて、加湿器50に流入することになる。

【0027】加湿器50は、温水のタンクとして形成されており、カソード排ガス管64を介して供給される燃料電池30のカソード34からの排ガスとブロワ68からの空気の混合ガスやメタンを貯蔵するメタンタンク60からのメタンを加湿すると共に、加湿されたこれらのガスを混和する混和槽として機能する。加湿器50には、その内部の温水を加熱するための燃焼器52が併設されており、この燃焼器52には、燃料電池30のアノード33からの排ガスとブロワ54からの空気が導入されるようになっている。加湿器50で加湿され混和された原料ガスは、原料ガス供給管70を介して改質器22に供給される。この原料ガス供給管70の加湿器50出口付近には調圧弁72が取り付けられており、加湿器50の内部の圧力が調節できるようになっている。なお、メタンタンク60からのメタンの供給管には電磁弁62が取り付けられており、その供給量の調節ができるようになっている。また、カソード排ガス管64には分岐管が取り付けられており、分岐管に取り付けられた電磁弁66を開成することにより、カソード34の排ガスの一部または全部は大気へ開放されるようになっている。

【0028】電子制御ユニット80は、CPU82を中心として構成されたワンチップマイクロプロセッサとして構成されており、処理プログラムを記憶したROM84と、一時的にデータを記憶するRAM86と、入出力ポート(図示せず)とを備える。この電子制御ユニット80には、改質器22の各部の温度などの各種信号や加湿器50に取り付けられた温度センサ51からの加湿器50内部の水温などが入力ポートを介して入力されている。また、電子制御ユニット80からは、改質器22の各部への駆動信号やブロワ29、54、68への駆動信号、電磁弁62、66を駆動するためのアクチュエータ63、67への駆動信号、調圧弁72を駆動するためのアクチュエータ73への駆動信号などが出力ポートを介して出力されている。

【0029】次に、こうして構成された実施例の燃料電池システム20の動作、特に改質器22に供給する原料ガスの加湿の動作について説明する。改質器22に供給される原料ガス中のメタンの単位時間当たりの量(モル数)は、燃料電池30の規模やアノード33から排出される排ガス中の水素濃度の設定などにより定められる。こうしたメタンの量に対して原料ガス中の酸素の比率はモル比 $[O_2/CH_4]$ で0.4ないし0.6程度に設定される。これは、このモル比 $[O_2/CH_4]$ が0.5弱では上述した式(1)ないし式(3)の反応が化学平衡上反応熱の収支が値0となるオートサーマルから発熱を実現し、モル比 $[O_2/CH_4]$ が0.5以上では改質部24は全体として発熱体となることに基づく。実施例では、メタンタンク60からのメタンの量に対してカソー

ド 34 からの排ガスと空気との混合ガス中の酸素の量がモル比  $[\text{O}_2/\text{CH}_4]$  で 0.5 程度になるよう調節される。なお、カソード 34 からの排ガスと空気との割合は原料ガス中における水蒸気の比率をも考慮して設定されている。

【0030】原料ガスにおける水蒸気の比率は、温度と圧力とによって定まる。図 3 にキャリアガスに対する水蒸気の量と温度と圧力との関係を示す。図示するように、温度を一定とすれば圧力が高くなるほど水蒸気量は減少し、圧力を一定とすれば温度が高くなるほど水蒸気量は増加する。いま、加湿器 50 の圧力が 2 気圧で温度が 90℃、カソード 34 からの排ガスの酸素と窒素の構成比が 1:8 (カソード空気利用率を 50% とした場合)、混合ガス中のカソード 34 からの排ガス中の酸素と空気中の酸素との混合比が 1:1、原料ガス中の酸素のメタンに対するモル比  $[\text{O}_2/\text{CH}_4]$  が 0.5 の場合を考えれば、図 3 のグラフから水蒸気のキャリアガスに対するモル比は約 5.5% であり、キャリアガスはメタンと混合ガスの和となるからメタンの当量当たり 4.5 モルとなる。したがって、飽和水蒸気圧でキャリアガスが加湿されるとすれば、原料ガスにおける水蒸気のメタンに対するモル比  $[\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4]$  は 2.475 となる。

【0031】カソード 34 からの排ガスと空気との混合ガスについてももう少し説明する。図 3 のグラフに示すように水蒸気量はキャリアガスが多くなれば多くなるから、改質器 22 に供給される原料ガスのメタンと酸素との比率を変更せずに原料ガス量を増やすことができれば、原料ガス中の水蒸気のメタンに対するモル比を高くすることができる。カソード 34 からの排ガスは、燃料電池 30 により酸素が消費された後の空気であり、改質器 22 の反応 (前述の式 (1) ないし式 (3) に寄与しない気体としての窒素が空気の割合に対して多くなっている。したがって、この排ガスを原料ガスに含ませることにより、原料ガスのメタンと酸素との比率を変更せずに原料ガス量を増やすことができ、この結果、原料ガス中の水蒸気のメタンに対するモル比を高くすることができる。例えば、上述の例の混合ガスをカソード 34 からの排ガスのみにした場合、キャリアガスはメタンの当量当たり 5.5 モルとなり、飽和水蒸気圧でキャリアガスが加湿されるとすれば、原料ガスにおける水蒸気のメタンに対するモル比  $[\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4]$  は 3.025 となる。また、同様な条件で加湿器 50 の温度を 80℃ とすれば、図 3 のグラフから水蒸気のキャリアガスに対するモル比は約 30% となり、原料ガスにおける水蒸気のメタンに対するモル比  $[\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4]$  は 1.65 となる。更に、加湿器 50 の圧力を 1.5 気圧とすれば、水蒸気のキャリアガスに対するモル比は約 45% となり、原料ガスにおける水蒸気のメタンに対するモル比  $[\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4]$  は 2.475 となる。このように混合ガス中のカソード 34 からの排ガスと空気との混合比を調節

することにより、メタンの当量当たりの原料ガス量を調節でき、この結果、原料ガス中の水蒸気のメタンに対する比率を調節できるのである。

【0032】説明の容易のため、実施例の燃料電池システム 20 を前述した加湿器 50 の圧力が 2 気圧で温度が 90℃、カソード 34 からの排ガスの酸素と窒素の構成比が 1:8、混合ガス中のカソード 34 からの排ガスと空気との混合比が 1:1、原料ガス中の酸素のメタンに対するモル比  $[\text{O}_2/\text{CH}_4]$  が 0.5 となるよう運転するものとする。燃料電池 30 のカソード 34 に酸化ガスとしての空気を供給するブロウ 29 の運転と、カソード 34 からの排ガスに空気を導入するブロウ 68 の運転と、電磁弁 66 の開度は、加湿器 50 に供給されるメタンタンク 60 からのメタンの流量に対して、混合比が 1:1 のカソード 34 からの排ガスと空気との混合ガスの流量がその比で 3.5 となるよう調節すればよい。

【0033】加湿器 50 の温水の温度は、図 4 に例示する温度調節処理ルーチンにより行なわれる。このルーチンは、実施例の燃料電池システム 20 の運転が開始されシステムが定常運転された後に所定時間毎 (例えば、5 秒毎) に繰り返し実行される。本ルーチンが実行されると、電子制御ユニット 80 の CPU 82 は、まず温度センサ 51 により検出される加湿器 50 の温水の温度 T を読み込む処理を実行する (ステップ S100)。続いて読み込んだ温度 T を閾値  $T_r$  と比較する (ステップ S102)。ここで、閾値  $T_r$  は、加湿器 50 の温水の設定温度やこの温度より若干高い温度として設定されるものである。

【0034】加湿器 50 の温水の温度 T が閾値  $T_r$  未満のときには、ブロウ 54 から燃焼器 52 に供給される空気量  $Q_a$  に所定値  $Q_1$  を設定し (ステップ S104)、温度 T が閾値  $T_r$  以上のときには、ブロウ 54 から燃焼器 52 に供給される空気量  $Q_a$  に所定値  $Q_1$  より  $\Delta Q$  だけ大きな値を設定する (ステップ S106)。ここで、所定値  $Q_1$  は、燃焼器 52 に供給されるアノード 33 の排ガスの水素に対して理論空燃比となる空気量の値やこれより若干大きな値として設定されるものであり、燃料電池 30 の特性や実施例の燃料電池システム 20 の仕様設定などにより定まる。そして、設定した空気量  $Q_a$  が燃焼器 52 に供給されるようブロウ 54 を駆動して (ステップ S108)、本ルーチンを終了する。この処理で加湿器 50 の温水の温度の調節を行なうことができるのは、供給される燃料の量に対する空気量が理論空燃比より大きいときには燃焼ガスの温度が低くなることに基づく。すなわち、加湿器 50 の温水の温度 T が設定値より高いときには、燃焼器 52 に供給する空気量を理論空燃比より多くして燃焼ガスの温度を低くすることにより加湿器 50 の温水の温度を下げ、逆に加湿器 50 の温水の温度 T が設定値より低いときには、燃焼器 52 に供給する空気量を理論空燃比に近くして燃焼ガスの温度を高く



することにより加湿器50の温水の温度を上げるのである。

【0035】以上説明したように、実施例の燃料電池システム20によれば、加湿器50に供給される混合ガスの流量と構成比率、加湿器50の圧力、加湿器50の温水の温度を調節することにより、メタンに対する水蒸気の比率が良好な原料ガスを改質器22に供給することができる。即ち、実施例の燃料電池システム20によれば、燃焼器52によって加湿器50の温水の温度を調節することにより原料ガス中の水蒸気のメタンに対するモル比を調節することができ、調圧弁72によって加湿器50の圧力を調節することにより原料ガス中の水蒸気のメタンに対するモル比を調節することができ、カソード34の排ガスを原料ガスに導入することにより原料ガス中の水蒸気のメタンに対するモル比を調節することができ、この結果、メタンに対する水蒸気の比率が良好な原料ガスを改質器22に供給することができるのである。

【0036】また、実施例の燃料電池システム20によれば、加湿器50を燃料電池30の冷却系統40の一部として構成したから、全体としての熱効率を向上させることができる。しかも、水系統を複数持たなくてよいから、システムをコンパクトなものにすることができる。

【0037】更に、実施例の燃料電池システム20によれば、燃焼器52の燃料としてアノード33の排ガスをを用いるから、システム全体としてのエネルギー効率を向上させることができる。

【0038】実施例の燃料電池システム20では、カソード34からの排ガスおよび空気の混合ガスとメタンタンク60からのメタンとを加湿器50で加湿するものとしたが、カソード34からの排ガスおよび空気の混合ガスを加湿器50で加湿した後に加湿した混合ガスとメタンと混和するものとしてもよく、逆にメタンタンク60からのメタンを加湿器50により加湿した後に加湿されたメタンとカソード34からの排ガスや空気と混和するものとしてもよい。また、カソード34からの排ガスおよび空気の混合ガスとメタンタンク60からのメタンとを混和してから加湿器50で加湿するものとしてもよい。

【0039】実施例の燃料電池システム20では、カソード34からの排ガスを加湿して改質器22に供給する原料ガスに含ませたが、カソード34からの排ガスをを用いないものとしてもよい。

【0040】実施例の燃料電池システム20では、カソード34からの排ガスと空気とが所定の割合になるようブロー68の運転を設定したが、カソード34からの排ガスと空気との混合ガス中に含まれる酸素濃度を検出する酸素センサや混合ガスの流量計を取り付け、この酸素センサにより検出される値や流量計の値に基づいて単位時間当たり供給される混合ガス中の酸素量をブロー68の運転によりフィードバック制御するものとしてもよ

い。こうすれば、より確実に原料ガス中の酸素とメタンとの比率を所望のものとすることができる。

【0041】実施例の燃料電池システム20では、加湿器50の温水を加熱する燃焼器52を備えるが、カソード34からの排ガスをを用いることにより原料ガスにおけるメタンに対する水蒸気の比率が十分な場合には、燃焼器52を備えない構成としてもよい。また、実施例の燃料電池システム20では、燃焼器52にアノード33からの排ガスを供給してこれを燃料としたが、メタンタンク60からメタンを供給するものとしてもよく、あるいはアノード33からの排ガスと共にメタンタンク60からのメタンを供給するものとしてもよい。さらに、実施例の燃料電池システム20では、燃料を燃焼して熱を得る燃焼器52を備えるが、燃焼器52に代えて電力の供給を受けて熱を得る電気ヒータを備えるものとしてもよい。

【0042】実施例の燃料電池システム20では、燃焼器52へ供給する空気量の増減で加湿器50の温水の温度を制御するものとしたが、冷却系統40の循環管路42を循環する冷却水の流量を増減することにより加湿器50の温水の温度を制御するものとしてもよい。具体的には、温度センサ51により検出される温度が設定した温度となるよう循環ポンプ45の回転数をフィードバック制御すればよい。

【0043】実施例の燃料電池システム20では、加湿器50の内部の圧力が所定圧力で一定になるよう原料ガス供給管70に調圧弁72を取り付けたが、更に加湿器50の内部の圧力を検出する圧力センサを取り付け、この圧力センサにより検出される値に基づいて調圧弁72の開度をフィードバック制御するものとしてもよい。こうすれば、より確実に加湿器50の内部の圧力を一定に保つことができる。さらに、加湿器50の内部の目標圧力を設定できるものとするれば、加湿器50の内部の圧力を所望の圧力にすることができる。こうすれば、炭化水素系の燃料としてメタン以外のものを燃料として用いた際に、その燃料に対して最適な圧力設定をすることができる。

【0044】実施例の燃料電池システム20では、加湿器50を燃料電池30の冷却系統40の一部に取り込んだ構成としたが、燃料電池30の冷却系統とは別に加湿器50を構成するものとしてもよい。

【0045】実施例の燃料電池システム20では、炭化水素系の燃料としてメタンを用いたが、他の飽和炭化水素や不飽和炭化水素を用いてもよく、メタノール等のアルコールやエーテルなど種々の炭化水素系の燃料を用いるものとしてもよい。

【0046】以上、本発明の実施の形態について実施例を用いて説明したが、本発明はこうした実施例に何等限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施し得ることは勿論であ



る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例である燃料電池システム20の構成の概略を示す構成図である。

【図2】 燃料電池30を構成する単電池31の概略の構成を示す構成図である。

【図3】 キャリアガスに対する水蒸気量と温度と圧力との関係の一例を示すグラフである。

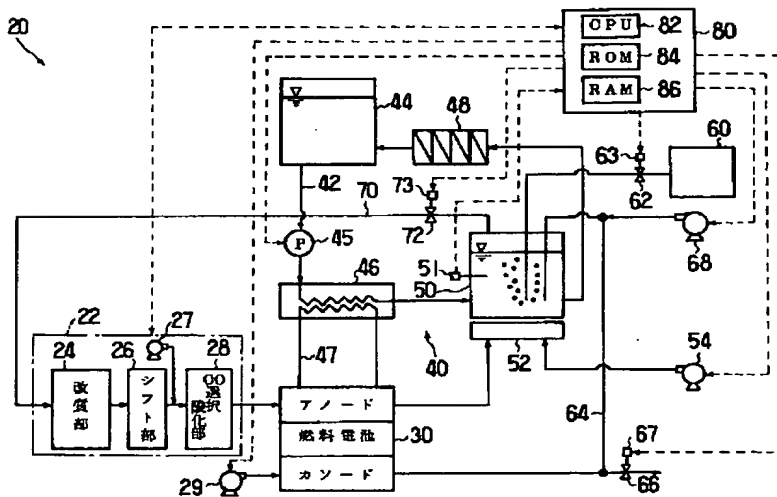
【図4】 電子制御ユニット80により実行される温度調節処理ルーチンの一例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

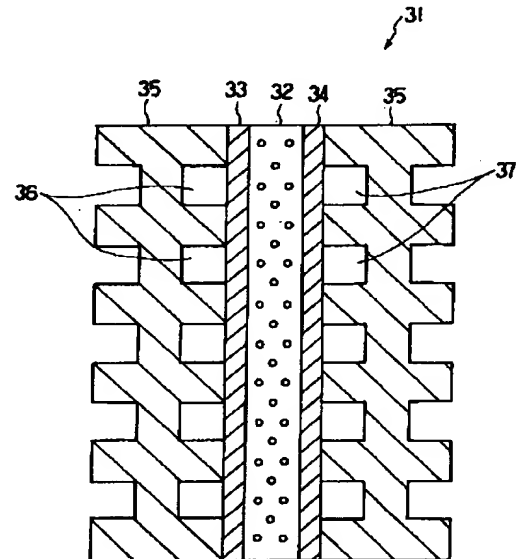
20 燃料電池システム、22 改質器、24 改質 \*

\*部、26 シフト部、27 ブロウ、28 CO選択酸化部、30 燃料電池、31 単電池、32 電解質膜、33 アノード、34 カソード、35 セパレータ、36、37 流路、40 冷却系統、42 循環管路、44 水タンク、45 循環ポンプ、46 熱交換器、47 循環管路、48 ラジエータ、50 加湿器、51 温度センサ、52 燃焼器、54 ブロウ、60 メタンタンク、62、66 電磁弁、63、67 アクチュエータ、64 カソード排ガス管、68 ブロウ、70 原料ガス供給管、72 調圧弁、73 アクチュエータ、80 電子制御ユニット、82 CPU、84 ROM、86 RAM。

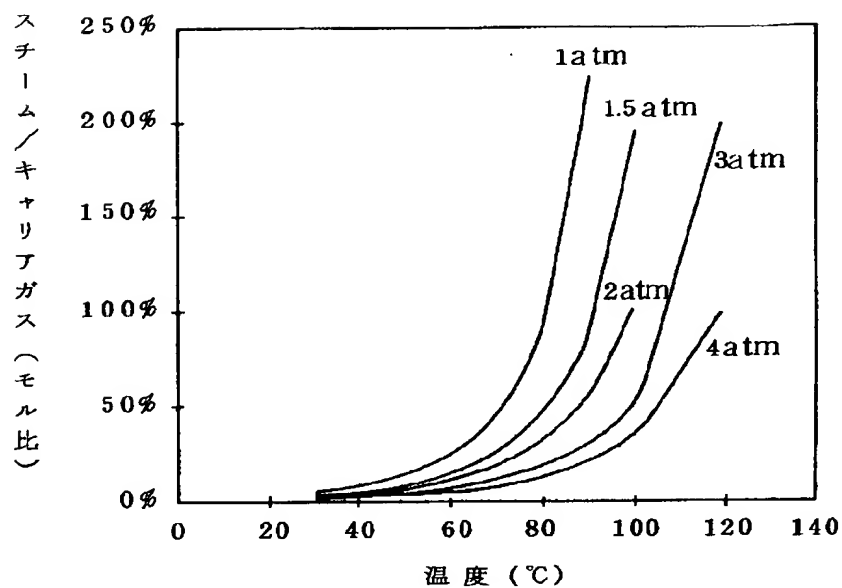
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

